Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg

Direktor: Prof. Dr. R. Naujoks

UNTERSUCHUNGEN ÜBER SPALTBREITE, SPALTVOLUMEN UND FRIKTION VON GUSSFÜLLUNGEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Suncica Pecenjak

aus Cakovec (Jugoslawien)

Würzburg, den 20. Mai 1982

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg

Direktor: Prof. Dr. R. Naujoks

UNTERSUCHUNGEN ÜBER SPALTBREITE, SPALTVOLUMEN UND FRIKTION VON GUSSFÜLLUNGEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Suncica Pecenjak

aus Cakovec (Jugoslawien)

Würzburg, den 20. Mai 1982

Referent: Priv.-Doz. Dr. W. Wiedemann

Korreferent: Prof. Dr. R. Naujoks

Dekan: Prof. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 19.7.1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der

Universität Würzburg

Meinen lieben Eltern gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543526_0013

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG UND LITERATURÜBERSICHT	1
II.	PROBLEMSTELLUNG	7
III.	MATERIAL UND METHODIK	8
A.	Stahlzähne und ihre Herstellung	8
B.	Modellmaterialien	8
	1. Palavit G^{R}	8
	2. Plastodent G^{R}	9
	3. Ruscher Inlay-Wachs	9
C.	Kavitätenpräparation und Modellation der Inlays mit den verschiedenen Modellmaterialien	9
D.	Einbettvorgang	11
E.	Gießen mit Palliag	12
F.	Mikroskopische Spaltmessungen	13
	1. Anfertigung der Fotografien	13
	2. Messung der Spaltbreite	13
G.	Bestimmung des Spaltvolumens	14
H.	Bestimmung der Friktion	15
	1. Versuchsaufbau	15
	2. Eichmessungen	16
	3. Durchführung der Messungen	17
IV.	ERGEBNISSE	18
V.	STATISTISCHE BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	30
VI.	DISKUSSION	33
VII.	ZUSAMMENFASSUNG	37
	LITERATURVERZEICHNIS	

I. EINLEITUNG UND LITERATURÜBERSICHT

Die Kariestherapie fällt unter das Hauptaufgabengebiet der Zahnerhaltungskunde. Etwa 90% der zahnärztlichen Tätigkeit erstreckt sich auf die Behandlung der Karies und ihrer Folgen, sowie des durch Karies und Parodontopathien bedingten Zahnverlustes. Erst nach dem 35. Lebensjahr gehen mehr Zähne durch Parodontopathien als durch Karies verloren (SAUERWEIN).

Für die Versorgung der kariösen Defekte gibt es verschiedene Möglichkeiten, so z.B. Gußfüllungen. Darunter versteht man eine nach einem direkten oder indirekten Abdruck gegossene Füllung, welche in der Kavität einzementiert wird.

Die Geschichte der Inlays beginnt um das Jahr 1540 in Ecuador (HOFFMAN-AXTHELM). Dort wurde beobachtet, daß die Kaziken und Häuptlinge an ihren Zähnen Goldstücke befestigten. Dies geschah nicht aus therapeutischer Sicht; möglicherweise war es eine Art Auszeichnung. Die viereckige Form der Inlays konnte an den Frontzähnen beobachtet werden. Sie bedeckten das mittlere Drittel der vestibulären Fläche des Zahnes, nachdem die Schmelzschicht in diesem Bereich abgetragen wurde. Das polierte Inlay ist scheinbar aus kalt gehämmertem Gold angefertigt worden.

Die Goldhämmerfüllungen, die zwischen 1870 und 1920 häufig verwendet wurden, zeigten zwar in bezug auf Randschluß und Dauerhaftigkeit gute Ergebnisse, erwiesen sich aber teilweise als nachteilig: Der Arbeitsaufwand am Patienten betrug für kleinere Füllungen ungefähr eine Stunde. Außerdem traumatisierten die dauernden Hammerschläge häufig die Pulpa, was zu vermehrtem Auftreten von Nekrosen führte. Unter Druck gestopftes Gold erwies sich als nicht empfehlenswert, da es sich durch Abreibung herauslöste.

1872 sind die Metallgußfüllungen erstmals von Aguillon de Sarran erwähnt worden (SAUERWEIN). Ihre Qualität konnte bis heute immer wieder verbessert werden.

Heute noch werden kariöse Defekte selten mit Inlays versorgt (KOHL). Der Kostenfaktor spielt dabei eine große Rolle. Es stellt sich aber die Frage, ob nicht das Inlay über einen größeren Zeitraum hinweg bessere Ergebnisse liefert als verschiedene andere Füllstoffe.

Es seien weiterhin die Composite-Füllungsmaterialien, keramische Füllungen und Amalgame erwähnt. Im Frontzahnbereich werden Compositefüllungen bevorzugt. Gold- oder Amalgamfüllungen sind aus ästhetischen und psychischen Gründen an den stark sichtbaren Stellen in der Front kontraindiziert. An stark belasteten Flächen wie im Seitenzahnbereich können aber die Composite-Füllungsmaterialien wegen der zu geringen Abriebsfestigkeit nicht angewandt werden.

Die Vorzüge der keramischen Massen lassen sich insbesondere in bezug auf Aussehen, Hygiene, Dauerhaftigkeit und Gewebsverträglichkeit nicht leicht übertreffen. Das Porzellaninlay zählt aber aus verschiedenen Gründen, wie z.B. Kostenfaktor, Zeitaufwand etc., nicht zur täglichen Praxis.

In Reihenuntersuchungen wurde nachgewiesen, daß die Amalgamfüllungen gegenüber den Inlays wesentliche Unterschiede aufweisen (MARENKE, WEISLEDER, GOEDEKE). Amalgame haben eine nicht so lange Lebensdauer wie Inlays. Untersuchungen von ALBERT (1971) ergaben, daß mit zunehmender Liegedauer die okklusalen Spaltbreiten von Amalgam- und Gußfüllungen zunahmen. Nach 15 Jahren waren von den 249 untersuchten Amalgamfüllungen 14,4% und von den 264 untersuchten Goldfüllungen 36,3% spaltfrei. ALBERT kam zu der Feststellung, daß die Gußfüllung auf lange Sicht hin der Amalgamfüllung überlegen ist.

Es konnte gezeigt werden, daß mit Inlays versorgte Zähne weniger häufig an Sekundärkaries erkranken als mit Amalgam gefüllte Zähne.

Nach etwa 6 Jahren befinden sich 50% der im Seitenzahngebiet

eingesetzten Gußfüllungen nicht mehr in einwandfreiem Zustand. Es darf ebenfalls nicht vergessen werden, daß 90% der Sekundärkaries an der approximal-cervikalen Stufe des Zahnes zu finden sind (SOBKOWIAK, TESELER). Bei einwandfreien Amalgamfüllungen beträgt die Sekundärkaries 23% und beim Inlay 1% (EIFINGER). Nach BINUS und WEHNER wiesen Amalgamfüllungen nach 2 bis 9 Jahren 60% Sekundärkaries auf, im Vergleich zu 18% bei Gußfüllungen nach 3 bis 4 Jahren.

Die Volumenkonstanz einer Gußfüllung hat den Vorteil, daß sich ihre Form im Hinblick auf die Expansion und Kontraktion nach dem Einzementieren nicht mehr verändert (ALBERT). Dies gilt neben Gußfüllungen auch für andere Edelmetallinlays, wie z.B. Palliag, welche in den letzten Jahren, bedingt durch die Goldpreissteigerung, wieder mehr an Bedeutung gewannen.

Bei sehr großen kariösen Defekten im Seitenzahngebiet ist die Restauration durch Gußfüllungen heute unumgänglich. Wenn aber die Zahnreste keine genügende Retention für die Gußfüllungen aufweisen, muß der Zahn sogar überkront werden.

Aus parodontal-prophylaktischer Sicht eignet sich eine Gußfüllung nicht besser als eine Amalgamfüllung. Für die Irritation der Gingiva sind überstehende Ränder verantwortlich. Somit kann ein überstehendes Inlay genauso wie eine überstopfte Amalgamfüllung zur Reizung und entzündlicher Gingiva führen.

Das Indikationsgebiet für Metallinlays kann sehr weit gefaßt werden und wird folgendermaßen eingeteilt:

1. Klasse I
2. Klasse II

EIFINGER schlägt vor, bei einseitiger Approximalkaries gleich eine dreiflächige Füllung zu präparieren, wenn die andere Approximalfläche eine beginnende Karies im Röntgen-

bild erkennen läßt. Die Bißflügelaufnahmen geben Auskunft über die Ausdehnung der kariösen Defekte. Damit kann vermieden werden, daß eine ein- oder zweiflächige Füllung innerhalb kürzester Zeit erneuert werden muß. Solche Eingriffe im Sinne einer Inlayerweiterung sind schwierig und meist überhaupt nicht durchführbar. Klinische Untersuchungen haben gezeigt, daß schon innerhalb eines Zeitraumes von 4 bis 5 Jahren 80% der Gußfüllungen ergänzt oder erneuert werden müssen (MAYER). Aus diesem Grund wurde zu Behandlungsbeginn neben einer klinischen auch eine röntgenologische Befunderhebung empfohlen.

3. Klasse II im Seitenzahnbereich zur Bißhebung
4. Klasse II im Prämolaren- und Molarenbereich als Anker von Inlaybrücken.
5. Klasse III mit gewissen Einschränkungen aus ästhetischen Gründen
6. Klasse IV mit gewissen Einschränkungen aus ästhetischen Gründen
7. Klasse V im Seitenzahnbereich, vor allem aus karies- und parodontal-prophylaktischen Gründen.

Kontraindikation:
Im Frontzahnbereich kommen Gußfüllungen aus ästhetischen Gründen routinemäßig nicht in Frage.

Klinische Untersuchungen haben gezeigt, daß nach dem Modellgußverfahren hergestellte Inlays geringe Spaltbreiten aufweisen (SOBKOWIAK, BEETKE). Direkt modellierte Inlays passen nur bei leichter Druckanwendung in die Kavität. Die indirekt modellierten dagegen fallen widerstandslos in die Kavität (WANITSCHKE). Die indirekte Methode ist für den Zahnarzt zeitsparender (FREITAG, KETTERL, REHMANN). ILG weist darauf hin, daß die Paßgenauigkeit bei günstiger Kombination von Abform- und Modellwerkstoffen, Gußwachsen, Einbettmassen und Gußlegierungen am größten ist. Das zu verarbeitende Wachs, in seinem Volumenverhalten temperaturabhängig, beeinflußt schon das Gußergebnis (REITHER, BEECK). DREYER-JÖRGENSEN macht darauf aufmerksam, daß die Wachse nur einige Grade über ihren

Erweichungspunkt erwärmt und nach dem Modellieren schnellstens eingebettet werden sollen.

Zu ähnlichem Ergebnis führten die Untersuchungen von LENZ. Er untersuchte den Volumenschwund von Kunststoff. Bei Palavit G^{R} waren nach 15 Minuten ca. 5,5% und nach 48 Stunden 7% Volumenschwund festzustellen. Bei weiteren Untersuchungen des Kunststoffs Palavit G^{R} ergaben sich Präzisionsgüsse mit einem 6 µm großem Spalt zwischen dem Prüfkörper und dem gegossenen Kunststoffmodell (REITHER, EAMES, O'NEAL).

Eine zu große Modelltreue ist jedoch von Nachteil, da ein kongruentes oder beinahe kongruentes Modell nicht in die Kavität passt (MARXCORS). Deshalb wurde vorgeschlagen, die Kavitätenform mit einer Lackschicht auszugleichen (DECKER). MARXCORS stellte die Forderung, daß die Gußfüllung 20-30 µm kleiner als die Kavität sein muß. Nach MEINERS verkleinert das Entspannen von Wachskronen im temperierten Wasserbad das Gußstück.

Den Einbettmassen und dem Einbettvorgang wird die erforderliche Expansion zugeschrieben (BINUS, BEECK). Durch die Expansion der Einbettmasse soll die thermische Kontraktion des Gußmetalls kompensiert werden (DREYER-JÖRGENSEN).

Bei der Herstellung von Gußfüllungen kann auch die Metallmuffel die Paßgenauigkeit eines Gußstückes beeinflussen (DREYER-JÖRGENSEN).

Bei einem Objekt-Augen-Abstand von 25-30 cm beträgt das Auflösungsvermögen des Auges etwa 75-90 µm (NAUJOKS). DREYER-JÖRGENSEN fordert für einen Präzisionsguß einen Spalt von weniger als 50 µm. Weiterhin äußert er, daß die Gußfüllung genügende Präzision hat, wenn

1. mit dem Auge kein Spalt zwischen der Füllung und dem Zahn sichtbar ist,
2. man mit einer spitzen Sonde weder Spalt noch Überschuß fühlen kann.

Bei mehrflächigen Füllungen konnte die Forderung von DREYER-JÖRGENSEN nicht erfüllt werden. Die approximalen Schenkel der Gußfüllung beeinflussen den okklusalen Anteil ungünstig. Klinische Untersuchungen (OEHLKE) ergaben, daß für die okklusalen Bereiche eine mittlere klinische Ungenauigkeit bei direkter Technik 60 µm beträgt.

Den heutigen Ergebnissen zufolge summiert sich die Paßgenauigkeit von Gußfüllungen durch exaktes Vorgehen unter Anwendung bewährter Materialien. Die Vernachlässigung einzelner Faktoren führt bei der Vielzahl von Arbeitsgängen zwangsläufig zu Fehlern.

II. PROBLEMSTELLUNG

Zahnkaries findet man bei über 99% der westlichen Bevölkerung. Anhand dieser Tatsache bemühen sich die Zahnärzte, die Verbreitung der Karies auf konservierendem Weg zu stoppen, was man neben der Kariesprophylaxe durch Versorgung der Zähne mit Füllungen erreicht. Diese Zähne weisen nach einigen Jahren am Füllungsrand Sekundärkaries auf (BINUS, WEHNER, SOBKOWIAK, EIFINGER). Bisherige Untersuchungen bestätigten, daß zwar die Gußfüllungen bessere Ergebnisse liefern als Amalgamfüllungen, aber man bemüht sich, die dentale Präzisionstechnik weiter zu vervollständigen.

DREYER-JÖRGENSEN erwartet bei Gußfüllungen eine klinische Präzision und optimale Paßgenauigkeit. Bei 50 µm Spaltbreite zwischen Inlay und Zahn wäre seine Forderung annehmbar.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit dem Einfluß von drei verschiedenen Modelliermassen auf die Paßgenauigkeit und auf die Friktion von Gußfüllungen. Untersuchungen bestätigten, daß Wachs ein labiles und unbeständiges Material ist. Aufgrund dieser Tatsache wird erstrebt auf Kunststoffe auszuweichen (REITHER, LENZ).

Die vorliegende Arbeit zielt auf die Ermittlung der Modelliermasse, welche im Endzustand, daß heißt als Inlay, weder expandiert noch kontrahiert ist, und damit die Kavitätenabformung exakt wiedergibt.

Die Inlayherstellung auf direktem Wege schaltet Fehlerquellen der Abdrucknahme und der Modellherstellungen aus. Die Paßgenauigkeit der Gußfüllungen wird hier von der Kombination der Werkstoffe Modellierwachs, Einbettmasse und Isoliermittel, sowie von der Gußlegierung bestimmt.

III. MATERIAL UND METHODIK

A. Stahlzähne und ihre Herstellung

Ein weiterer Gegenstand dieser Arbeit war die Untersuchung der Friktion von Gußfüllungen an Kavitätenwänden. Eine einflächige und eine dreiflächige Kavität wurden in Stahlzähne eingearbeitet, um reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten.

Um Stahlzähne herzustellen, präparierte man zuerst in zwei Kunststoffzähne die entsprechenden Kavitäten. Dann wurde die Zahnkrone mit Xantopren-blau abgeformt und in Stahl gegossen. Bei diesem Stahl handelte es sich um die von der Firma Krupp 1912 entwickelte V2A-Legierung. Im Handel erscheint sie unter dem Namen "Wisil" und enthält:

Cobalt:	65%
Chrom:	27%
Molybdän:	4,5%

Sonstige Elemente sind: C, Fe, Si und Mn.

Eigenschaften des Wisils:

Schmelzpunkt:	1375 C
Brinellhärte:	355 N/mm^2
Fließgrenze:	53 N/mm^2
Zugfestigkeit:	89 N/mm^2
Dehnung:	6 %
Spez. Gewicht:	7,8 - 8,4

B. Modellmaterialien

Auf jedem Stahlmodell wurden mit drei verschiedenen Werkstoffen je 10 Inlays modelliert. Dabei handelte es sich um das Winterwachs der Fa. Ruscher, um das blaue Modellierwachs der Fa. Degussa und um den Kunststoff Palavit G^R.

1. Palavit G^R

Bei Palavit G^R handelt es sich um einen Kunststoff der Fa.

Kulzer. Er entsteht als Kaltpolymerisat auf der Basis von Methylmethacrylat in Form von Pulver und Flüssigkeit. Das Katalysatorsystem enthält tertiäres Amin. Die Modellation der Inlays erfolgte nach der Pinselmethode.

2. Plastodent G^{R}

Plastodent bürgt als Markenname für die Dental-Wachse der Fa. Degussa. Die Dental-Wachse unterliegen national und international den Normen:

- FDI/ADA - Spezifikation No. 4
- ISO R 1561 und
- Entwurf nach DIN-Norm 13908

Diese beziehen Meßwerte für Viskosität, Erstarrungshaltepunkt, Aschegehalt, thermische Analysen, Volumenschwund, Härte und Flow in die Normung ein.

Erstarrungspunkt:	58° - 61° C
Tropfpunkt:	74° - 77° C
Penetrationszahl:	ca. 8 - 9 bei 25° C
Viskosität bei 90° C:	ca. 12 m Pas
Dichte bei 20° C:	< 1,0 g/cm^3

3. Ruscher Inlay-Wachs

Ruscher Inlay-Wachs wird von der Fa. Hawe Neos hergestellt. Angaben über Meßwerte waren von der Firma nicht zu beziehen.

C. Kavitätenpräparation und Modellation der Inlays mit den verschiedenen Modellmaterialien

Die Beachtung folgender Regeln nach BLACK (1889) waren bei der Kavitätenpräparation für diese Arbeit maßgebend:

1. Öffnen des kariösen Herdes
2. Herstellen der präventiven Extensionsform
   Die Prädilektionsstellen für Karies sind Zahnbereiche, in denen sich wegen mangelnder Selbstreinigung mit Zunge, Speichelfluß und Muskulatur Speisereste ablagern. Deshalb

sollen die Kavitätenränder je nach der Zahnart 1,5 - 2,5 mm vom Kontaktpunkt in Richtung der seltstreinigenden Zone liegen (SAUERWEIN).

3. Die Widerstandsform soll dem Kaudruck von 500 - 800 N entsprechen. Aus diesem Grund müssen spitzauslaufende Ränder, unterminierte Stellen und spitze Winkel vermieden werden.
4. Die Retentionsform verhindert ein Herausfallen der Füllung, weshalb strenge Kastenform und Parallelität der Wände zu fordern ist. Ein Inlay könnte nach ROBERTS un KOHL sein Haltevermögen um 50% verlieren, wenn sich die Divergenz der Seitenflächen von 5 auf 10% vergrößert. MOTSCH fordert eine Anschrägung des Kavitätenrandes für ein dreiflächiges Inlay um 45% über die ganze Schmelzbreite, um dadurch die Paßgenauigkeit der gegossenen Füllung zu begünstigen. Die endgültige Füllung soll einen Millimeter im Dentin verankert sein.
5. Bearbeitung der Schmelzränder
   BLACK schlägt eine Präparationsform mit rechtwinkliger Approximalstufe vor. MARXCORS bevorzugt dagegen die Randgestaltung mit abgeschrägter Stufe, um eine größere Paßgenauigkeit auch im approximalen Bereich zu erzielen.
6. Finieren der Kavität
   Die Ränder der Kavität werden mittels Finierer geglättet.

Mit jeder der drei Modelliermassen wurden auf jedem Stahlzahn je 10 Inlays direkt modelliert; es waren somit insgesamt 60 Modelle.

Palavit G^R

Zuerst isolierte man den Stahlzahn dünn mit Öl, dann trug man Palavit G^R nach der Pinselmethode auf. Beim dreiflächigen Inlay wurden zunächst die approximalen und dann die okklusalen Flächen aufgebaut. Auf die okklusale Fläche wurde eine spitze Wachsöse aufmodelliert und am distalen Randwulst der Gußstift aus 2,5 mm starken Wachsdraht befestigt. Nach der Erhärtung von Palavit G^R entfernte man dann das Inlay aus der Kavität.

Von den Kavitäten der Klasse I wurden ebenfalls zehn Modelle hergestellt.

Plastodent G^{R}
Als Isoliermittel verwendete man hierbei Sep 6. Mit einer Sonde wurde das blaue Wachs in die Kavität gebracht. Die weiteren Schritte entsprachen dem Vorgehen beim Palavit G^{R}.

Ruscher Inlay-Wachs
Die Verarbeitung entsprach der von Plastodent G^{R}.

D. Einbettvorgang

Um die Methodik zu standardisieren, wurden jeweils zehn Wachsmodelle einer Wachsart gleichzeitig zum Einbetten auf dem Kegel des Gußtrichterformers mit Wachs fixiert. Der Abstand des äußersten Randes des Wachsobjektes vom oberen Küvettenrand betrug ungefähr 5 mm. Zur Entspannung des Wachsmodells wurde Waxit^{R} mit dem Pinsel aufgetragen und danach durch Blasen getrocknet. Damit die Einbettmasse während des Abbindens und Vorwärmens ungehindert expandieren kann, legte man die Küvette mit Asbestpapier aus. Vor dem Einfüllen der Einbettmasse sollte die Asbestschicht mäßig angefeuchtet sein. Als Einbettmasse ist Neo Duroterm 7 verwendet worden:

Mischungsverhältnis:	100 g Pulver : 28 g Wasser
Dosierung:	62 g Pulver : 18 ml Wasser
Mischzeit:	unter Vakuum ca. 30 Sekunden
Verarbeitungszeit:	ca. 4 Minuten
Abbindezeit:	ca. 20 Minuten
Vorwärmetemperatur:	nicht über 700° C
Thermische Expansion:	ca. 1,0%
Abbindeexpansion:	ca. 0,7%
Gesamtexpansion:	ca. 1,7%
Raumtemperatur:	23° C $\pm$ 2° C

Während des Abbindeprozesses legte man die Küvette in den Drucktopf und nach ca. 35 Minuten begann das Austreiben des Wachses im vorgeheizten Ofen der Firma Herbs, bei ca. 300° C 60 Minuten lang.

E. Gießen mit Palliag

Nach weiteren 60 Minuten bei 700° C legte man die Muffel in die Degussa-Tiegelschleuder TS 1 hinein. In den rotglühenden Kohletiegel wurden die Palliag-Gußplättchen eingeführt und mit der Arretierung des Schleuderarms schloß sich der Stromkreis zwischen Schmelzofen und Transformator. Nach Abkühlen der Muffel bettete man das Gußobjekt aus. Da bei weißen Edelmetallegierungen Salpetersäure nicht zu gebrauchen ist, wurde zum Entfernen von Stanzmetallresten eine Mischung von 100 ccm 20%iger Essigsäure mit 20 ccm 30%igem Wasserstoffperoxid verwendet (EICHNER).

Palliag
Palliag gehört in die Gruppe der weißen Edelmetallegierungen auf Palladium-Silber Basis.

Technische Daten

Legierung:		Palliag M	
Typ:		extrahart	
Schmelzintervall °C:		1040 - 950	
		weich	ausgehärtet
Brinell-Härte	N/mm^2	140	260
Vickers-Härte	"	150	278
Zerreißfestigkeit	"	57	93
Fließgrenze	"	37	90
Dehnung %	"	27	6
Spez. Gewicht	g/cm^3	11,1	11,1

Indikationen (Auswahl): mod-Füllungen, Vollgußkronen, Verblendkronen, Modellgußprothesen, Stege und Geschiebe

Eine weitere Ausarbeitung der ausgebetteten Inlays fand nicht statt.

F. Mikroskopische Spaltmessungen

1. Anfertigung der Fotografien

Zur Anfertigung der Fotografien von den Gußfüllungen wurde das Aristophot, d.h. eine Fotoeinrichtung für Mikro- und Makroaufnahmen der Firma Leitz, verwendet.
Da jede Fläche je einmal fotografiert wurde, entstanden insgesamt 120 Aufnahmen.
Das zum Aristophot gebrauchte Zubehör führt die Bezeichnung:

Objektiv: Photar 1: 2:8/50 mm
Film: Panatomik X von Kodak DIN 16
Auflösung: extrem fein

2. Messung der Spaltbreite

Die Spaltbreite wurde anhand der hergestellten schwarz-weiß Aufnahmen am Übergang Stahlmodell-Inlay bestimmt.
Dazu wurde bei dreiflächigen Inlays okklusal an 10 und mesial bzw. distal an je 6 Punkten der Spalt mit einer Meßlupe vermessen, so daß zur Bildung einer mittleren Spaltbreite 22 Meßwerte zur Verfügung standen. Auf die beiden Approximalflächen entfielen davon 12 Meßwerte.
Die Ermittlung der Spaltbreite bei den einflächigen Gußfüllungen fand an 8 Meßpunkten statt.

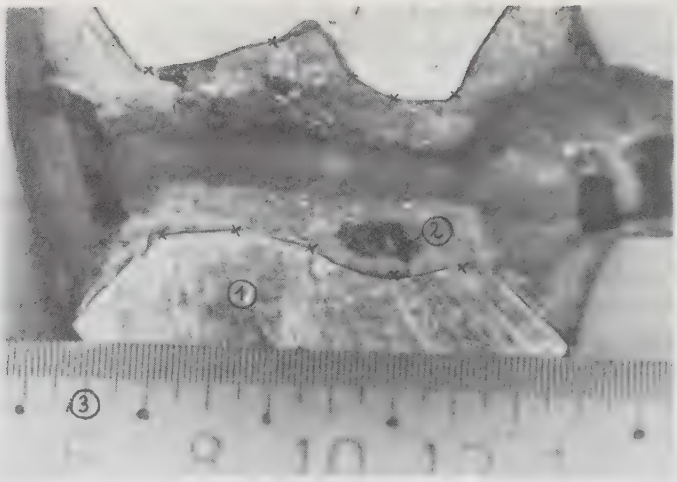

Bild 1: 1 = Stahlzahn
2 = Inlay aus Palliag
3 = Einprojizierter Maßstab in 1/10 mm
x = Punkte, an welchen die Spaltbreite vermessen wurde

G. Bestimmung des Spaltvolumens

Zur Beurteilung der Paßgenauigkeit der gegossenen Inlays maß man den Spalt durch zwei voneinander unabhängige Messungen. Die erste Untersuchung bestimmte den Randspalt mikroskopisch. Bei der Bestimmung des Spaltvolumens wurde durch einen Abdruck der Spalt mit Xantopren-blau ausgefüllt und über das Gewicht der Abdruckmasse das Spaltvolumen berechnet. Nach dieser Methode nahm man von jedem Inlay drei Abdrücke, also insgesamt 180.
Für die Messungen wurde die Sartorius-Selecta-Analysenwaage verwendet, die eine schwingungsgedämpfte Aufstellung erfordert.

Die Genauigkeit der Meßreihe betrug 0,1 mg.
Es genügte das einmalige Wiegen jedes Xantopren-Abdruckes, da die Ergebnisse reproduzierbar sind.

H. Bestimmung der Friktion

1. Versuchsaufbau

Die benötigte Kraft, um ein Inlay aus der Kavität abzuziehen, wurde mit Hilfe eines Dehnungsmeßstreifens und einer DC-Widerstandsmeßbrücke erfaßt. Dazu diente folgender Versuchsaufbau:

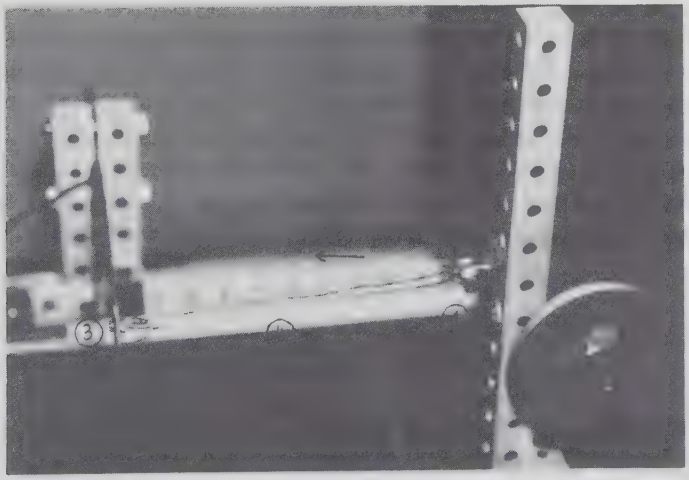

Bild 2: 1 = Stahlzahn
2 = Bewegungsrichtung des Schlittens
3 = Blattfeder mit dem Dehnungsmeßstreifen
4 = Verbindungsfaden zwischen dem Zahn und der Blattfeder

Parallel zu dem Stahlzahn, auf einem Halteblock befestigt, war die Zahnstange mit dem Zahnrad aufgebaut. Über die

Verbindung mit dem Zahnrad konnte die Bewegungsrichtung und die Schnelligkeit des Schlittens auf der Zahnstange bestimmt werden. Gleichzeitig mit dem Schlitten bewegte sich die Blattfeder aus Bronze mit. Auf der Rückwand der Blattfeder war ein Dehnungsmeßstreifen aus Federstahl mit Zyanoakrylatkleber aufgebracht. Für die Versuche wurden zwei verschiedene Blattfedern verwendet, wobei an der einen das Inlay mit einem Stück Garn an der befestigten Öse aufgehängt war.

Das Einsetzen der Gußfüllungen in das Modell wurde mit dem Handdruck durchgeführt, wie er erfahrungsgemäß am Patienten gehandhabt wird.

Nach Einschalten des Motors und entsprechender Führung des Schlittens spannte sich der Faden und zog so lange an dem Inlay, bis es aus der Kavität fiel. Ein X-t-Schreiber der Firma Linseis zeichnete diesen Abreißvorgang auf. Die Empfindlichkeit des Gerätes beträgt 100 mV, der Papiervorschub 50 mm/min. Zwischen der Blattfeder und dem X-t-Schreiber erfaßte eine Widerstandsmeßbrücke der Firma Knaur zusätzlich die Gleichspannung. Hier erfolgte die entsprechende Einstellung des Verstärkungsfaktors. Die Brückenspannung betrug dagegen konstant 100 mV.

2. Eichmessungen

Feder Nr. 1
An die Feder wurde ein Wassereimer mit 1000 cm^3 Fassungsvermögen gehängt. Bei der Füllung notierte man in Abständen von 50 cm^3 den Ausschlag bei den verwendeten Verstärkungen und rechnete ihn auf Verstärkung A um:

Widerstand (r) = 0,9954
Anzahl der Versuche (n) = 21
Gewicht = -54,243 + 2,069 x Skalenteile
Gewicht (p) = Skalenteile bei Stellung A x 1,913

Feder Nr. 2
Hier verfuhr man wie bei der Feder Nr. 1, nur wurde die erste Messung mit 100 cm^3 Wasser durchgeführt. Die letzte Messung erfolgte mit 3742 cm^3 Wasser.

Die günstigste Gerade ergab sich bei
Gewicht = -60,75 - 6,832 x Skalenteile bei Stellung A

Optimale Gerade mit Null-Durchgang bei
Gewicht = 6,65 x Skalenteile bei Stellung A

Der Empfindlichkeitsfaktor war:
A = 1 B = 2 128 = 3 64 = 6 32 = 12 16 = 24
8 = 48

3. Durchführung der Messungen

Auch die Friktion ist ein Maß für die Paßgenauigkeit der Gußfüllungen. Sie wurde durch das Messen der Kraft bestimmt, die beim Abziehen der Gußfüllung von der Stahlkrone angewandt werden mußte. Bei jedem Versuch pro Inlay wurden 10 Ausschläge mit dem Schreiber festgehalten. Die Ausschläge wurden in cm gemessen und nach der Formel

$$\text{Skalenteile} = \frac{\text{Ausschlag in cm} \times 100}{\bar{x}_o \times \text{Vollausschlag in cm}} \times \text{Empfindlichkeitsfaktor}$$

zunächst in Skalenteile umgewandelt. Um die entsprechende Kraft zu erhalten wurde das Gerät vorher geeicht.

Für die Feder Nr. 1 galt:
Kraft in Pond = Skalenteil bei Stellung A x 1,913

Für die Feder Nr. 2 galt:
Kraft in Pond = Skalenteil bei Stellung A x 6,656

IV. ERGEBNISSE

In der Tabelle 1 und den Abbildungen 1 bis 9 sind die Ergebnisse dargestellt, die bei der Ermittlung des Spaltvolumens, der Spaltbreite und der Friktion gefunden wurden.

Aus der Abb. 1 ist ersichtlich, daß bei den einflächigen Inlays die durchschnittlichen Spaltbreiten trotz unterschiedlicher Modellmaterialien nur wenig voneinander abweichen. Bei Ruscherwachs und Plastodent G^R liegen die Werte um 25 µm, bei Palavit G^R etwa bei 35 µm.

Die Bestimmung des mittleren Spaltvolumens (Abb. 2) bei den einflächigen Inlays zeigt, daß Plastodent G^R von Degussa zu annähernd gleichen Ergebnissen führt. Die Werte liegen zwischen $1{,}23 \cdot 10^{-3}$ cm^3 und $3{,}83 \cdot 10^{-3}$ cm^3. Damit beträgt der Mittelwert $2{,}4 \cdot 10^{-3}$ cm^3. Bei den Inlays, die mit Ruscher-Inlaywachs modelliert waren, konnten im Durchschnitt $3{,}03 \cdot 10^{-3}$ cm^3 Xantopren-blau im Spalt gemessen werden. Noch etwas schlechter schnitt Palavit G^R ab. Es zeigt auch die meisten Streuwerte und zwar zwischen 1,97 und $5{,}73 \cdot 10^{-3}$ cm^3. Der Mittelwert liegt hier bei $3{,}34 \cdot 10^{-3}$ cm^3.

Dennoch weisen die drei Modelliermassen beim mittleren Spaltvolumen ein ähnliches Verhalten auf wie bei der mittleren Spaltbreite. Die Werte verhalten sich einander annähernd proportional. Deshalb läßt sich bei den einflächigen Inlays vom okklusalen Spalt auf den Spalt in der Tiefe der Kavität zurückschließen.

Bei den Friktionsmessungen (Abb. 3) zeigen die mit Plastodent G^R und Palavit G^R modellierten einflächigen Gußfüllungen sehr niedrige Werte. Für Plastodent G^R liegen sie bei 0,4 N und für Palavit G^R bei 1,4 N. Von den Plastodent G^R-Inlays fielen sogar sechs ohne jede Krafteinwirkung aus der Kavität heraus. Dies läßt den Rückschluß auf eine Materialschrumpfung der beiden genannten Modelliermassen zu. Ruscher-Inlays bestätigten ihre erwünschte Paßgenauigkeit durch ihren guten

Sitz in der Kavität.

Die Abb. 4 zeigt die mittlere Spaltbreite bei dreiflächigen Gußfüllungen. Bei den Ruscher-Inlays liegt die mittlere Spaltbreite mit 36 µm deutlich unter dem Wert des Degussawachs-Inlays mit ca. 180 µm. Noch höher liegen die Werte bei Palavit G^R mit ca. 240 µm.
Der Streubereich ist beim Ruscherwachs im Vergleich zu Palavit G^R und Plastodent G^R sehr klein.

Die Abb. 5 gibt die Meßergebnisse des mittleren Spaltvolumens wieder, die über das Gewicht der Xantoprenmasse bestimmt wurden. Auch hier zeigen die Ruscher-Inlays die niedrigste Streuung und zugleich die geringste Spaltbreite mit $4,99 \cdot 10^{-3}$ cm^3 Xantopren-blau. Dieses Ergebnis stellt nicht die Verteilung der Spaltbreite beim dreiflächigen Inlay dar, weil die Spaltbreite nicht volumenmäßig mit der Flächenanzahl zunimmt. Das Plastodent G^R hat beim mod-Inlay trotz der geringen Streuung der einzelnen Werte ein mittleres Spaltvolumen von $14,8 \cdot 10^{-3}$ cm^3. Das Palavit G^R mit $21,6 \cdot 10^{-3}$ cm^3 läßt auf einen größeren freien Raum zwischen dem Inlay und der Kavität schließen. Das Ausmaß der Streuwerte liegt hier zwischen $11,3 \cdot 10^{-3}$ cm^3 und $27,8 \cdot 10^{-3}$ cm^3.

Bei einem Vergleich der mittleren Spaltbreite mit dem mittleren Spaltvolumen bei dreiflächigen Gußfüllungen ergibt sich, daß die unabhängig voneinander gewonnenen Meßergebnisse einander proportional sind.

Bei den Friktionsmessungen erzielen mit Degussawachs und Palavit G^R hergestellte Gußfüllungen wesentlich höhere Werte als die mit Ruscherwachs modellierten (Abb. 6). Die mittleren Friktionswerte von Ruscher-Inlays liegen bei 4,6 N im Vergleich zu Degussa-Inlays mit 25,2 N und Palavit G^R mit 33,4 N.
Die mit Ruscherwachs modellierten Gußfüllungen zeigen bei hoher Paßgenauigkeit eine recht geringe Friktion gegenüber den beiden anderen Modelliermassen.

Aus der Literatur sind uns keine Angaben darüber bekannt, wie bei Gußfüllungen eine Friktion von 4 N zu beurteilen ist. Die Friktionswerte der mit Ruscherwachs modellierten einflächigen Inlays sind gegenüber den beiden Vergleichsmaterialien sehr hoch. Die mittlere Friktion beträgt hier 4,3 N. Die ein- und dreiflächigen mit Ruscherwachs modellierten Inlays zeigen trotz unterschiedlich großer Friktionsfläche zwischen Gußobjekt und Modell annähernd gleiche Friktionswerte. Diese liegen in der Größenordnung von 4 N.

Aus den Meßergebnissen in Abb. 1 und Abb. 7 ist ersichtlich, daß die Größe des okklusalen Spaltes bei beiden Inlaytypen für alle drei Modelliermassen etwa gleich groß ist. Sie bewegt sich zwischen 20 µm und 40 µm.

Die mittleren approximalen Spaltbreiten wurden aus 6 Meßpunkten pro Seite ermittelt (Abb. 8). Es fällt auf, daß bei allen drei Modelliermassen die approximale Spaltbreite größer als die mittlere Gesamtspaltbreite ist, und zwar ungefähr um das 1,5fache:

	R	D	P
approximale Sp. (µm)	50	300	380
mittlere Sp. (µm)	36	180	240

Beim Vergleich zwischen der mesialen und distalen Spaltbreite (Abb. 9) stellt man einen größeren distalen Spalt bei den mit Ruscherwachs und Plastodent G^R modellierten mod-Inlays fest. Bei den Gußfüllungen aus Palavit G^R ist die Spaltbreite mesial größer, weil der Gußstift hier dagegen auf der mesialen Seite angebracht war. Die Spaltdifferenz zwischen den beiden Approximalflächen dürfte auf das beim Gußvorgang erstarrende Metall zurückzuführen sein.

Material	Plastodent G^R	Ruscherwachs	Palavit G^R
Gesamtspaltbreite der einflächigen Füllungen (in µm)	25,0 ± 2,1	24,6 ± 1,9	34,0 ± 2,6
Spaltvolumen der einflächigen Füllungen (x 10^{-3} cm^3)	2,40 ± 2,5	3,03 ± 3,4	3,34 ± 3,9
Friktion der einflächigen Füllungen (N)	0,44 ± 0,25	4,38 ± 1,26	1,43 ± 0,35
Gesamtspaltbreite der dreiflächigen Füllungen (in µm)	182,4 ± 11,6	36,7 ± 2,9	244,9 ± 16,7
Spaltvolumen der dreiflächigen Füllungen (x 10^{-3} cm^3)	14,8 ± 1,64	4,89 ± 0,47	21,65 ± 1,88
Friktion der dreiflächigen Füllungen (N)	25,23 ± 3,53	4,62 ± 1,18	33,37 ± 0,13
Mittlere okklusale Spaltbreite der dreiflächigen Gußfüllungen (in µm)	38,4 ± 3,2	22,4 ± 1,9	29,4 ± 3,5
Mittlere approximale Spaltbreite der dreiflächigen Gußfüllungen (in µm)	293,1 ± 15,3	49,1 ± 7,6	385,5 ± 18,2

Tab. 1: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse der drei verschiedenen Untersuchungsmethoden.

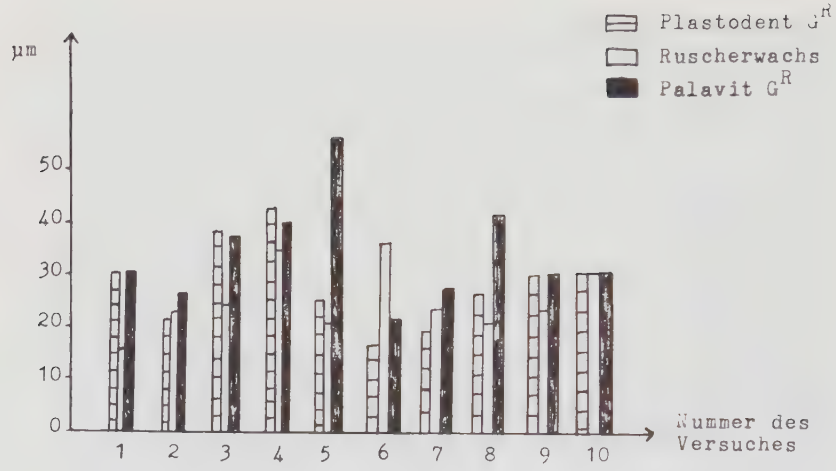

Abb. 1a: Messwerte zur Bestimmung der mittleren Spaltbreite

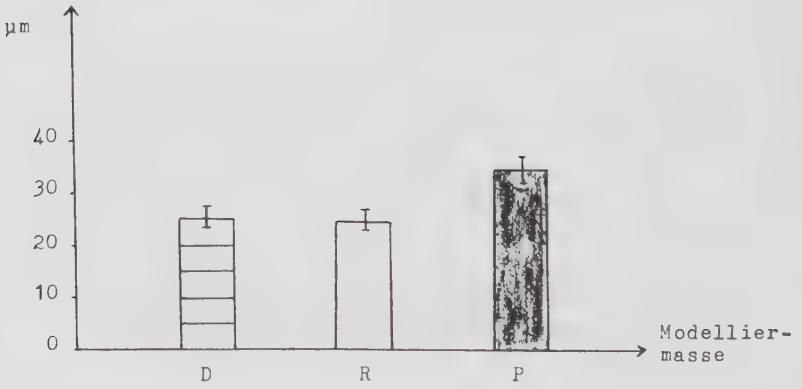

Abb. 1b: Mittlere Spaltbreite der einflächigen Gußfüllungen
(Die Standardabweichung ist durch vertikale Linien dargestellt).

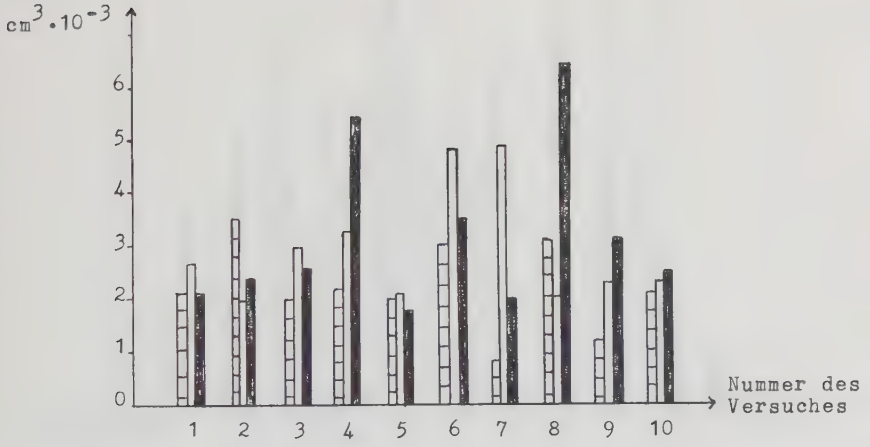

Abb. 2a: Messwerte zur Bestimmung des mittleren Spaltvolumens

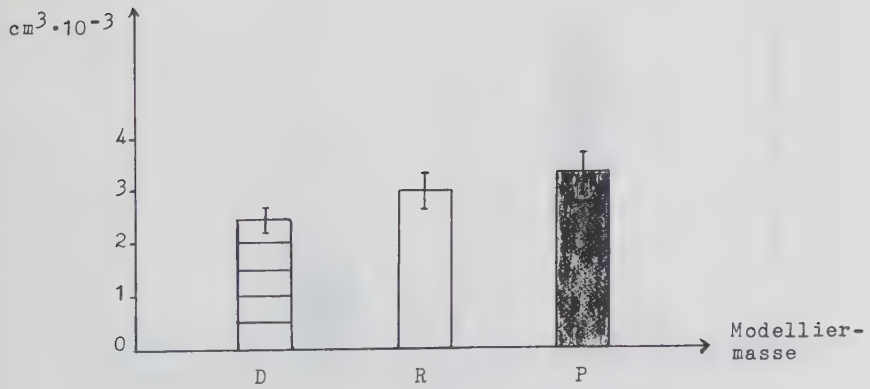

Abb. 2b: Mittleres Spaltvolumen der einflächigen Gußfüllungen

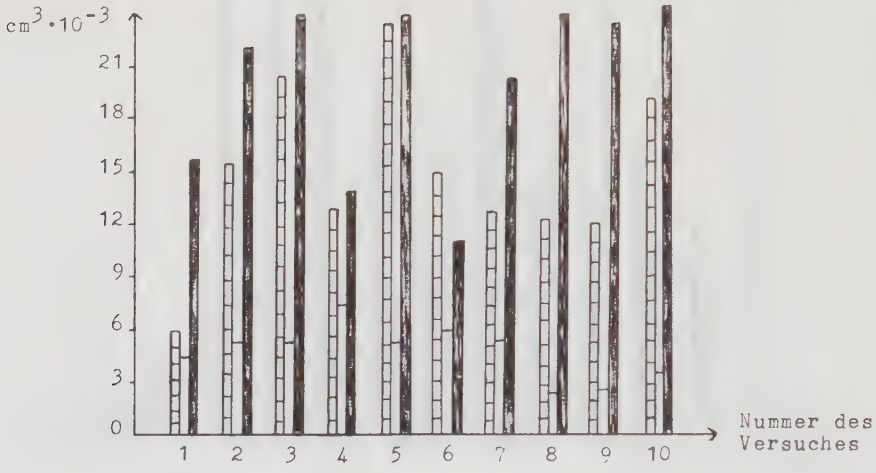

Abb. 5a: Messwerte zur Bestimmung des mittleren Spaltvolumens

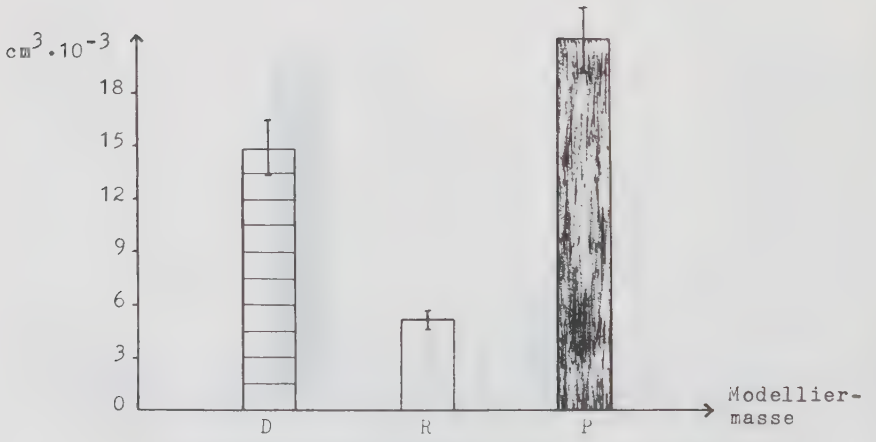

Abb. 5b: Mittleres Spaltvolumen der dreiflächigen Gußfüllungen

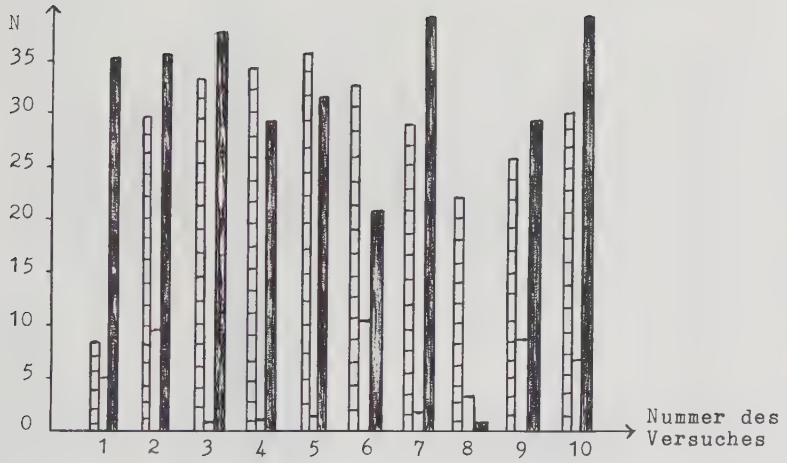

Abb. 6a: Messwerte zur Bestimmung der mittleren Friktion

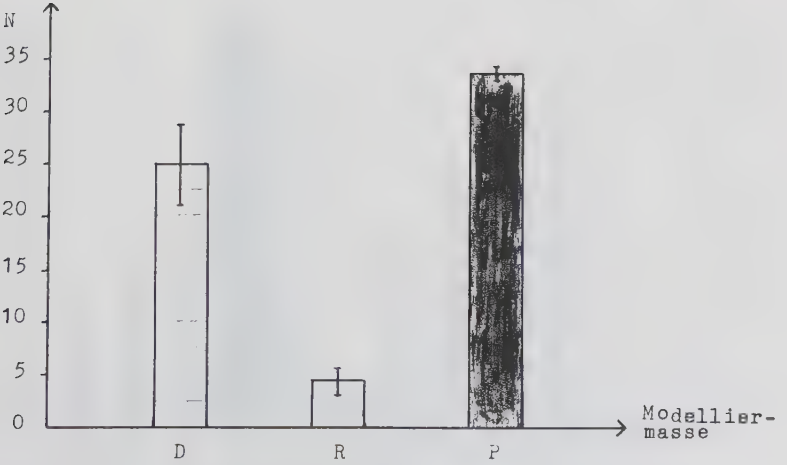

Abb. 6b: Mittlere Friktion der dreiflächigen Gußfüllungen

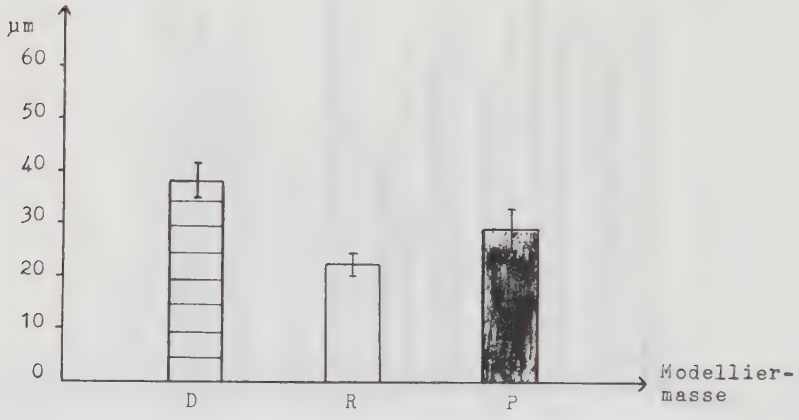

Abb. 7: Mittlere okklusale Spaltbreite der dreiflächigen Gußfüllungen

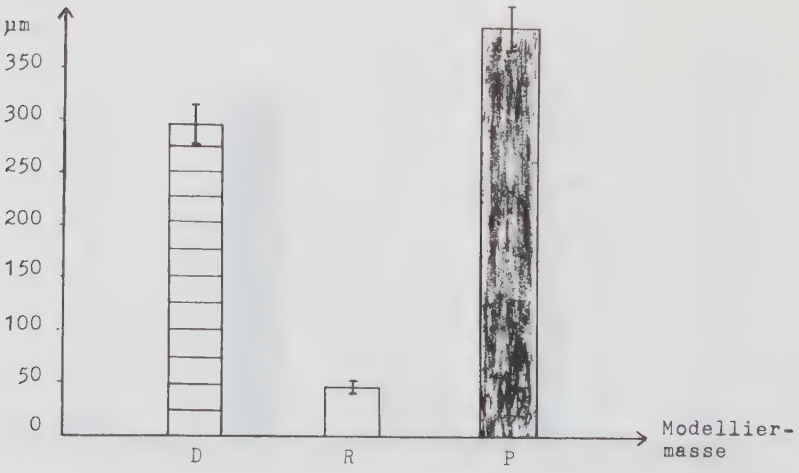

Abb. 8: Mittlere approximale Spaltbreite der dreiflächigen Gußfüllungen

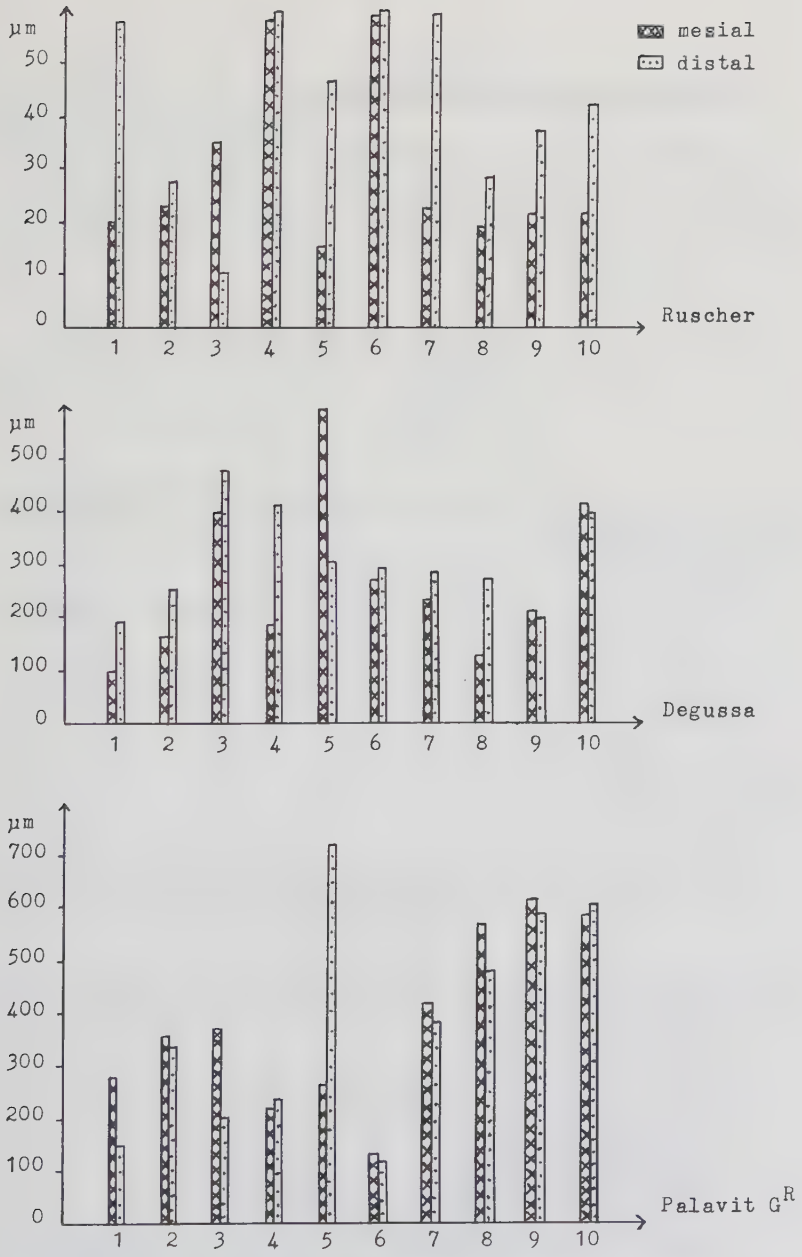

Abb. 9: Messwerte der mesialen und distalen Spaltbreite bei Ruscher-, Degussa- und Palavit G^R-Inlays

V. STATISTISCHE BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Im folgenden soll überprüft werden, ob sich die Meßergebnisse bei den verschiedenen Messungsarten signifikant unterscheiden. Der statistischen Auswertung der Ergebnisse liegen folgende Formeln zugrunde:

Standardabweichung s (mittlere quadratische Abweichung):

$$s = \sqrt{\frac{S \cdot (x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{S_x}{n-1}}$$

wobei $S_x = S(x-\bar{x})^2$ die Summe der Quadrate aller Abweichungen der Einzelwerte bedeutet.

Standardabweichung des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$ (mittlerer Fehler):

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Signifikanz t:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}}$$

Dabei bedeuten:

- n = Anzahl der Inlays
- x = ermittelter Einzelwert
- $\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert
- S = Summe von x
- s = Standardabweichung
- $s_{\bar{x}}$ = Standardabweichung des Mittelwertes
- t = Maß für die Signifikanz

Für die Signifikanz t bei der Gesamtspaltbreitenmessung ergeben sich folgende Werte:

bei einflächigen Gußfüllungen

$R_o - D_o$	t = 0,1412	45% > P > 40%
$R_o - P_o$	t = 2,9193	0,05% > P > 0,25%
$D_o - P_o$	t = 2,6929	0,25% > P > 0,5%

Es zeigt sich, daß eine befriedigende Unterscheidung in der Spaltbreite zwischen R_o und P_o zugunsten von R_o und zwischen D_o und P_o zugunsten von D_o besteht.

bei dreiflächigen Gußfüllungen

$R_o - D_o$	t = 4,2902	P ≧ 0,05%
$R_m - D_m$	t = 10,891052	P ≧ 0,05%
$R_d - D_d$	t = 14,677	P ≧ 0,05%
$R_o - P_o$	t = 1,7577	5% > P ≧ 2,5%
$R_m - P_m$	t = 16,0209	P ≧ 0,05%
$R_d - P_d$	t = 10,6507	P ≧ 0,05%
$D_o - P_o$	t = 1,8977	5% > P ≧ 2,5%
$D_m - P_m$	t = 4,1142	P ≧ 0,05%
$D_d - P_d$	t = 1,5757	10% > P > 5%

Die Tabelle läßt erkennen, daß Ruscherwachs auch nach der statistischen Analyse den anderen untersuchten Modelliermassen signifikant überlegen ist.

Für die Signifikanz t bei der Spaltvolumenmessung ergeben sich folgende Werte:

bei einflächigen Gußfüllungen

R - D	t = 0,03182	48,75% > P > 47,5%
R - P	t = 0,0118	49,75% > P > 49,5%
D - P	t = 0,0429	48,75% > P > 47,5%

bei dreiflächigen Gußfüllungen

R - D	t = 0,1101	47,5% > P > 45%
R - P	t = 0,1334	45% > P > 40%
D - P	t = 0,0460	48,75% > P > 47,5%

Die statistische Bearbeitung der Werte, die als Spaltvolumen errechnet wurden, gibt keinen Hinweis auf signifikante Unterschiede.

Für die Signifikanz t bei der Friktionsmessung ergeben sich folgende Werte:

bei einflächigen Gußfüllungen

R - D	t = 0,20794	45% > P > 40%
R - P	t = 0,14158	45% > P > 40%
D - P	t = 0,14178	45% > P > 40%

bei dreiflächigen Gußfüllungen

R - D	t = 0,23457	45% > P > 40%
R - P	t = 0,27799	40% > P > 35%
D - P	t = 0,06111	48,75% > P > 47,5%

Wie aus dem gemessenen Spaltvolumen zu erwarten war, sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Modelliermaterialien festzustellen.

Dabei bedeuten:

R = Ruscherwachs
D = Plastodent G^R
P = Palavit G^R
o = okklusal
m = mesial
d = distal
P = Integral von unendlich bis t

VI. DISKUSSION

Bei der Herstellung von Gußfüllungen auf indirektem Wege ergeben sich eine Reihe von Fehlerquellen, die die Paßgenauigkeit beeinflussen können. Neben dem Einbettverfahren ist auch das unterschiedliche Volumenverhalten der bei der Herstellung verwendeten Materialien, wie Abdruckmaterial, Modellgips, Modellierwachs, Einbettmasse und Gußlegierung für die Formgenauigkeit der Gußstücke ausschlaggebend (BINUS, SOBKOWIAK, DECKER, MEINERS, AHRENS).

Die direkte Modellation der Inlays beinhaltet keine Fehler der Abdrucknahme und der Modellherstellung.

Die Vielzahl der angebotenen Modelliermaterialien läßt den Rückschluß zu, daß es die ideale Modelliermasse nicht gibt.

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse müssen die Schwierigkeiten bei der Herstellung der Inlays auf direktem Weg, also in der Mundhöhle, berücksichtigt werden.

Die Modellationen der Inlays, die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt wurden, fanden unter standardisierten Bedingungen statt. Die physiologischen Momente der Mundhöhle konnten somit ausgeschaltet werden.

Nach den Messungen der mittleren Spaltbreite bei einflächigen Gußfüllungen zeigt sich, daß die Werte bei allen drei Modelliermassen um 30 µm liegen; mit Abweichungen bei Ruscher- und Degussawachs etwas unterhalb und bei Palavit G^R etwas über 30 µm (Abb. 1). Die Messwerte liegen jedoch bei allen drei Inlays unterhalb der von DREYER-JÖRGENSEN noch als tolerierbar angesehenen Grenze von 50 µm Spaltbreite.

Bei den Messungen des mittleren Spaltvolumens weisen die drei Modelliermassen ein ähnliches Verhalten auf wie bei der mittleren Spaltbreite (Abb. 2). Die Werte sind einander annähernd proportional. Aus diesen beiden voneinander unterschiedlichen

Meßmethoden ließe sich schließen, daß zwischen den drei Modelliermaterialien keine nennenswerten Unterschiede, und damit gleichgute Ergebnisse für Klasse I-Inlays bestehen.

Diese Hypothese wurde durch die Friktionsmessungen widerlegt. Nach Bestimmung der mittleren Friktion zeigt sich, daß deren Werte für Ruscherwachs erheblich höher liegen als die für Plastodent G^R und Palavit G^R (Abb. 3). Die mechanische Retention dieser Inlays ist deutlich verringert, so daß sie teilweise ohne jede Krafteinwirkung aus der Kavität herausfielen. Diese Kontraktion ist nur durch die Retentionsmessungen feststellbar.

Mit diesen Ergebnissen konnte unter anderem gezeigt werden, daß zur Beurteilung der Paßgenauigkeit von Inlays verschiedene Prüfmethoden nötig sind.

Bei den dreiflächigen Inlays macht sich die Kontraktion besonders in mesio-distaler Richtung in einer deutlichen Paßungenauigkeit bemerkbar. Die Inlays können nicht mehr vollständig über die divergierenden Präparationsflächen geschoben werden. Es bleibt okklusal unter der Gußfüllung ein Spalt bestehen, der sich im approximalen Randspalt wiederspiegelt. Somit erklärt sich auch die sehr starke mechanische Retention der mit Plastodent G^R und Palavit G^R modellierten Gußfüllungen. Die Inlays klemmen an den beiden approximalen Präparationsflächen der Kavität und zeigen die große mechanische Retention einer Preßpassung (OEHLKE).

Eine Beurteilung der gemessenen Friktionswerte war leider nicht möglich, da es noch unbekannt ist wie eine Friktion von 4 N, die wir für das Inlay aus Ruscherwachs gemessen haben, zu bewerten ist (Abb. 6). Es kann lediglich festgestellt werden, daß der Friktionswert im Vergleich zu den beiden anderen Inlays mit 25,2 N und 33,4 N viel niedriger liegt. Die Kraft von 4 N, die benötigt wird, um ein dreiflächiges Inlay aus der Kavität zu entfernen, entspricht derjenigen des einflächigen Gußobjektes. Ruscherwachs schrumpfte somit

bei der vorliegenden Versuchsanordnung scheinbar nicht. Es hat eher die Tendenz zu einer leichten Volumenzunahme, die sich aber eher positiv auf die Paßgenauigkeit auswirkt.

Während der weiteren Betrachtung genügt es, nur auf die mittlere Spaltbreite bei dreiflächigen Gußfüllungen einzugehen. Die unabhängig voneinander gewonnenen Meßergebnisse über das mittlere Spaltvolumen und die mittlere Spaltbreite sind nämlich einander proportional. Man kann somit vom klinisch sicht- bzw. tastbaren Spalt auf die Größe des Spaltes unter dem Inlay rückschließen.

Die Größe der mittleren okklusalen Spaltbreite ist für alle drei Modelliermaterialien ungefähr gleich groß (Abb. 7) und liegt unterhalb der von DREYER-JÖRGENSEN geforderten Grenze von 50 µm. Es darf aber nicht übersehen werden, daß beim Palavit G^R und Plastodent G^R, wie schon erwähnt, okklusal unter dem Inlay ein Spalt besteht. Dieser spiegelt sich einerseits im approximalen Randspalt wieder, andererseits schrumpft das Inlay approximal selbst.

Die mittlere Spaltbreite erhält die Summe der Meßwerte der okklusalen und approximalen Spalten (Abb. 7 und Abb. 8). Die Meßwerte der approximalen Spaltbreite sind aber höher als diejenigen der mittleren Gesamtspaltbreite. Hier verfälschen die niedrigen okklusalen Werte das Ergebnis. Diese Ergebnisse verdeutlichen, daß zur Bestimmung der Paßgenauigkeit von dreiflächigen Gußfüllungen nicht nur die mittlere, sondern auch die approximale Spaltbreite von großer Wichtigkeit ist.

Vergleicht man die Ergebnisse untereinander, so zeigen die mit Ruscherwachs modellierten Inlays in bezug auf die Paßgenauigkeit sehr gute Werte. Bei den mit Palavit G^R und Plastodent G^R modellierten dreiflächigen Gußfüllungen könnte man die Spaltbreite verringern, indem man die Inlays von unten ausschleift. Ein Verfahren, welches zu Friktionsverlust führen würde und nach dem heutigen Stand der Gußtechnik nicht vertretbar ist.

Ferner konnte mit Hilfe des Fotoapparates gezeigt werden, daß die distale und mesiale Spaltbreite Differenzen aufweisen. Hier scheint nicht die Wachs- oder Kunststoffart im Vordergrund zu stehen. Diese Spaltdifferenz müßte auf den Gießvorgang zurückzuführen sein, möglicherweise auch auf die Einbettmasse und den Einbettvorgang.

Nach den Signifikanzschranken der Student-Verteilung liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) bei der Spaltbreitenmessung für dreiflächige Füllungen zwischen 0,05% und 10%. Damit sind die Ergebnisse statistisch signifikant. Bei der Spaltbreitenmessung der einflächigen Füllungen zeigten sich signifikante Unterschiede zugunsten von Ruscherwachs und Plastodent G^R.
Die restlichen Messungen des Spaltvolumens und der Friktion gaben keinen Hinweis auf signifikante Unterschiede.

Es kann abschließend festgestellt werden, daß es nach diesen Versuchen schwierig ist, eine Empfehlung für eine der drei Modellmaterialien zu geben. Im Herstellungsgang eines Inlays spielen, wie schon erwähnt, noch andere Werkstoffe mit unterschiedlichem Volumenverhalten eine Rolle. Erst das Zusammenspiel aller Faktoren entscheidet über die Qualität der Gußfüllung.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Untersuchung über die Paßgenauigkeit von Gußfüllungen in Abhängigkeit von den Modelliermassen Palavit G^{R}, Ruscherwachs und Plastodent G^{R}.

Bei der Inlayherstellung auf direktem Weg wurden insgesamt 60 Inlays auf das Spaltvolumen, die Spaltbreite und die Friktion überprüft. Die Spaltbreite wurde mit einem Fotoapparat untersucht, das Spaltvolumen mit Xantopren-blau und die Friktion mit dem Dehnungsmeßstreifen.

Die verschiedenen Prüfungsmethoden scheinen nötig zu sein, um eine genügende Aussage über die Modelliermaterialien zu erhalten.

Alle einflächigen Inlays erfüllen in bezug auf die Paßgenauigkeit die klinischen Anforderungen, die Werte liegen unter 50 µm. Die Friktion der Ruscherwachs-Inlays beträgt bei einflächigen wie auch bei dreiflächigen Inlays 4 N. Aus dieser Feststellung und den Ergebnissen über das Spaltvolumen sowie über die Spaltbreite läßt sich aussagen, daß die mit Ruscherwachs modellierten Inlays eine gute Paßform aufweisen.

Die Friktionswerte von Plastodent G^{R}- und Palavit G^{R}-Inlays lassen eine Schrumpfung an den leicht konisch präparierten Approximalflächen der Kavität vermuten. Klasse II-Inlays konnten teils nicht bis an den Kavitätenboden eingedrückt werden. Die einflächigen Inlays fielen dagegen teilweise aus der Kavität heraus.

Die Untersuchungen bei dreiflächigen Gußfüllungen lassen erkennen, daß die unabhängig voneinander gewonnenen Meßergebnisse über das mittlere Spaltvolumen und die mittlere Spaltbreite proportional sind.

Die Signifikanz bei der Spaltbreitenmessung ergab für Ruscherwachs dennoch geringe Vorteile gegenüber den anderen beiden Modelliermassen. Die Messungen des Spaltvolumens und der Friktion gaben keinen Hinweis auf signifikante Unterschiede.

Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Modelliermasse bei der Herstellung von Gußfüllungen. Diese durch die vorliegende Versuchsanordnung gewonnenen Ergebnisse scheinen eine qualitative Unterscheidung der untersuchten Materialien zu gestatten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Privatdozent Dr. W. Wiedemann für die freundliche Überlassung des Themas, die Übernahme des Referates und insbesondere für die stets bereitwillige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. R. Naujoks danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Herrn Dr. rer. nat. H. G. Klinger danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung der Messungen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

AHRENS, G.
NAUJOKS, R.
Vergleichende Untersuchungen an elastischen Abdruckmaterialien für die indirekte Inlaytechnik
Dt. zahnärztl. Z. 16, 472-478 (1961)

ALBERT, HM.
Spaltbreiten und -tiefen bei Amalgam- und Gußfüllungen
Dt. zahnärztl. Z. 26 (6), 672-676 (Juni 71)

ARNOLD, M.
ERNST, FD.
WENZEL, W.
Das Keramikinlay
Stomatol. DDR 24 (4), 264-269 (April 74)

BEECK, K.H.
Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren und ihre praktische Auswertung
Dr. zahnärztl. Z. 13, 470-480 (1958)

BEETKE, E.
SCHWANEWEDE, H.
HERPEL, K.H.
Zum Modellgußverfahren bei Inlays und Brükken
Stomatol DDR 25 (6), 388-395 (Juni 75)

BEETKE, E.
SOBKOWIAK, EM.
SCHULZE, M.
KUSSEROW, S.
Experimentelle Untersuchungen zur Paßgenauigkeit der Gußfüllung
Dt. Zahn-, Mund- Kieferheilkunde
63 (6), 573-579 (1975)

BEHNKE, HW.
Goldverluste bei der Herstellung eines MOD-Inlays
Quintessenz Zahntechnik 2 (3), 81-87 (März 76)

BENFIELD, JW.
MELLANA, FL.
RAS, EM.
LYONS, GV.
Reproducing occlusal anatomy for crowns and extensive Inlays
J. Prosth. Dent. 18 (4), 326-336 (Oct. 67)

BINUS, W.
DEUTRICH, G.
Wege zur Verbesserung der Paßgenauigkeit zahnärztlicher Gußobjekte
Dt. Stomatol. 23, 484-490 (1973)

BINUS, W.
WEHNER, E.
Mißerfolgsquote bei Amalgam- und Gußfüllungen
Dt. Stomatol. 21 (4), 302-305 (April 71)

BROSE, D.
STENGEL, M.
Inlays als Auflageträger für gegossene abnehmbare Teilprothesen
Stomatol. DDR 29 (1), 25-29 (Jan. 79)

BURCH, JG.
MILLER, JB.
Evaluating crown contours of a wax pattern
J. Prosth. Dent. 30 (4), 454-458 (Oct. 73)

DECKER, E.
Faktoren, die die Paßgenauigkeit eines Gußobjektes beeinflussen
Quintessenz der Zahntechnik (8), 61-66 (1976)

DOCUMENTA GEIGY
Wissenschaftliche Tabellen
7. Aufl. Geigy, Basel, 1968

DREYER-JÖRGENSEN, K.
Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren
Dt. zahnärztl. Z. 13 (58), 461-469

DUNCKER, C. Iatrogene marginale Irritationen. Eine klinische Untersuchung über den Zustand approximaler Flächen von Goldgußfüllungen. Zahnärztl. Welt 88 (1), 8,14 (Jan. 79)

DUNKIN, RS. A simplified method for multiple wax pattern duplication
J. Prosth. Dent. 27 (2), 217-220 (Febr. 72)

EAMES, W.B.
O'NEAL, S.J. Techniques to improve the seating of castings
Jada, Vol. 96, 432-437 (March 78)

EICHNER, K. Zahnärztliche Werkstoffe
Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg (1974)

EIFINGER, FF. Rationelle Inlay-Präparation und Abdrucktechnik
Zahnärztl. Welt 81 (17), 795-803 (Sept. 72)

FEINMANN, P. Probleme der rationellen Abdrucknahme für Gußfüllungen und Kronen
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 78 (6), 623-626 (Juni 68)

FELLMAN, S. Simplified waxing of veneer crowns to receive acrylic resin
J. Prosth. Dent. 30 (4), 461-464 (Oct. 73)

FINGER, W. Neue Abformmaterialien für Kronen und Inlays
Freie Zahnarzt 18 (10), 623-633 (Okt. 74)

FISCHER, CH. Fortschritte in der Zahnerhaltung durch neue Werkstoffe
Dt. zahnärztl. Z. 26 (2), 228-234 (Febr. 71)

FRANKE, H. Manuskript und Vortrag
Stilfiebel für Mediziner
Georg Thieme Verlag 1969

FREITAG, V. Die gegossene Füllung in der Sicht des Praktikers. Erwiderung zur Arbei von Wiech, J.
Dt. zahnärztl. Z. 14, 834-835 (1959)

FUCHS, W.B.
MAYER, R. Die Methode zur Prüfung des Randschlusses eingesetzter Gußfüllungen
Dt. zahnärztl. Z. 25, 625-629 (1970)

GERBER, A.
LENSEN, E.
TONNE, E. Die Bedeutung der Einbettungsmethode für die Paßfähigkeit von Sipal-Inlays
Stomatol. DDR 27 (8), 528-531 (Aug. 77)

HOFFMANN-
AXTHELM, W. Die Geschichte der Zahnheilkunde Buch- und Zeitschriftenverlag " Die Quintessenz "
Berlin 1973

ILG, V.K. Untersuchungen zur "indirekten Technik"
Dt. zahnärztl. Z. 16, 1140-1146 (1961)

JENKINS, CB.
PHILLIPS, RW. An evaluation of five Inlays investing techniques employed with different types of wax patterns
J. Prosth. Dent 25 (3), 211-220 (Febr. 71)

KETTERL, M. Die indirekte Abdruckmethode bei der Herstellung von Gußfüllungen
Zahnäztl. Prax. 11, 263-262 (1960)

KIMMEL, K. Neue Füllmaterialien in der zahnärztlichen Praxis
Dr. zahnärztl. Z. 26 (2), 274-276 (Febr. 71)

KLUGE, R.
BINUS, W. Stellungnahme und Schlußwort zur Thematik "Die Gußfüllung im Approximalbereich"
Dt. zahnärztl. Z. 23 (8), 849-850 (Aug. 68)

KOHL, J. Quadrantenrehabilitation mit Inlays
Die Quintessenz (8), 27-30 (Aug. 78)

KRETER, F.
MOSER, F. Zur axialen Zahnbewegung nach dem Eingliedern gegossener Einzelrestaurationen
Dt. zahnärztl. Z. 34 (1), 236-240 (März 79)

LENZ, A. Werkstoffliche Untersuchungen über die Verwendbarkeit schnellhärtender Kunststoffe für Gußmodelle
Dt. Stomatol. 14, 321 (1964)

MARXCORS, R. Abformmaterialien, -techniken, -verfahren (insbesondere unter dem Aspekt der klinischen Aufgabenstellung)
Zahnärztl. Welt 87 (9), 425 (Mai 78)

MAYER, R. Über die Häufigkeit des Vorkommens von Approximalkaries an Zähnen mit ein- und zweiflächigen Inlays
Dr. zahnärztl. Z. 24 (9), 845-849 (1969)

MEINERS, H.
UNLAND, H. Einfluß der thermischen Wachsentspannung auf die Paßgenauigkeit von Gußkronen
Dt. zahnärztl. Z. 30 (2), 116-120 (Feb. 75)

MOTSCH, A.
NOBMANN, K. Klinische und spannungsoptisch-experimentelle Untersuchungen verschiedener Präparationsformen in der Onlaytechnik
Dt. zahnärztl. Z. 26 (3), 189-193 (März 71)

NAUJOKS, R. Ursachen der Zahnkaries
Praxis der Zahnheilkunde
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore (1968)

OEHLKE, W. Die klinische Ungenauigkeit von Gußfüllungen bei Verwendung von ausgewählten zahnärztlichen Edelmetall-Legierungen
Dt. zahnärztl. Z. 26, 684-6+0 (1971)

REHBERG, H.J. Eine neue Methode zur Beurteilung der Paßgenauigkeit von Gußkörpern
Dt. Zahn-, Mund- Kieferheilk.
Bd. 49, 215-219 (1967)

REITHER, W. Vergleichende Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Wachs- und Kunststoff-Gußmodellen
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. Nr. 1, 40-48 (1966)

RENGGLI, HH. Reaktion der Gingiva auf überhängende Füllungsränder
Dt. zahnärztl. Z. 27 (4), 322-327 (April 72)

SAUERWEIN, E. Kariologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1974)

SAUERWEIN, E. Zahnerhaltungskunde
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

SCHMIDT, H.J. Index der zahnärztlichen Zeitschriften der Welt
Verlag Neuer Merkur GmbH, München 1970

SCHRAY, K. Stiftverankerte Inlays und Inlaybrücken
Zahnärztl. Welt 83 (5), 187-192 (März 74)

SOBKOWIAK, EM. Das Inlay
Zahnarzt 20 (2), 66-68 (Febr. 76)

SOBKOWIAK, EM.
TESELER, U. Spätergebnisse bei Gußfüllungen im Seitenzahnbereich
Dt. Stomatol. 21 (4), 305-308 (April 71)

ULLMANN, S. Untersuchungen an Sparinlays
Dt. Stomatol. 22 (3), 189-193 (März 72)

WEND, D. Herstellung und Indikation von verkleideten Inlays im Seitenzahngebiet
Dt. Stomatol. 21 (9), 724-725 (Sept. 71)

WEND, D.
TAATZ, H.

Kunststoffverkleidete Inlays im Seitenzahngebiet
Österr. Z. Stomatol. 69 (11), 420-425 (Nov. 72)

LEBENSLAUF

Am 03.12.1956 wurde ich, Suncica Pecenjak, als ältere Tochter des Zahnarztes Zvonimir Pecenjak und seiner Ehefrau Ruzica, geb. Ocak, in Cakovec/Jugoslawien geboren.
Im Sommer 1963 übersiedelten wir nach Kastav bei Rijeka, wo ich im September eingeschult wurde.

Nachdem mein Vater in Jügesheim, Kreis Offenbach, eine Arbeitsstelle als Zahnarzt bekam, reisten wir am 06.01.1968 nach Deutschland ein. Die Volksschule in Jügesheim besuchte ich bis August 1970; das siebte Schuljahr absolvierte ich auf der dortigen Realschule. Im August 1971 wechselte ich nach Offenbach auf die Rudolf-Koch-Schule/ Gymnasium.
Am 20.05.1976 legte ich die mathematisch-naturwissenschaftliche Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1976/77 begann ich an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg mit dem Studium der Zahnmedizin. Die zahnärztliche Vorprüfung bestand ich im April 1979.

Am 18. Dezember 1981 beendete ich das Studium der Zahnmedizin in Würzburg mit dem Staatsexamen.

Seit dem 15.04.1982 bin ich als Zahnärztin an der Klinik und Poliklinik für Kieferchirurgie der Universität Würzburg angestellt.

Suncica Pecenjak

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80